Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 17, No. 5, Dec- Jan 2021, p. 773-783

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۷، شماره ۵، آذر- دی ۱۴۰۰، ص.۷۸۳ -۷۷۳

مقاله پژوهشی

ارزیابی دما و مدت زمان نگهداری بر اکسیداسیون کرهٔ بادام‌زمینی

مریم رواقی[1]*- آزاده خدابخشیان[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۷/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۸/۲۲

چکیده

بادام‌زمینی به‌عنوان یک منبع غنی از چربی، مستعد تغییرات ناشی از اکسیداسیون است. در استاندارد ملی ایران تنها اندازه‌گیری اندیس پراکسید جهت بررسی وضعیت اکسیداسیون نمونه‌ها لحاظ شده است. اگرچه روند اکسایش چربی‌ها تا حد زیادی شناخته شده است اما ابهامات زیادی در زمینه اکسایش در شرایط واقعی پس از تولید و حین نگهداری وجود دارد. با توجه به گستردگی استفاده از ظروف تک‌نفره پلی‌پروپیلن و پلی‌اتیلن ترفتالات، کره بادام‌زمینی پایدار شده با مونودی گلیسرید پس از تولید در هر دو نوع ظرف پر شد و درزبندی گردید. اکسایش کره بادام‌زمینی در سه دما (۴، ۲۵ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد) در زمان‌های مختلف (صفر، ۳۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ روز) از نظر عدد پراکسید، عدد پاراآنیزیدین، اسیدیته و ارزیابی حسی مورد بررسی قرار گرفت. کره بادام‌زمینی تولیدی حاوی ۵۴/۵۵±۰/۸۵ درصد چربی بود که از این میزان۸۰/۹۲ درصد به اسیدچرب غیراشباع (۵۷/۵۷ درصد تک غیراشباع و ۲۳/۳۵ درصد چند غیراشباع) و ۱۷/۰۶ درصد به اسید چرب اشباع اختصاص داشت. دما و زمان اثر متقابل معنی‌داری بر عدد پراکسید، عدد پاراآنیزیدین، اسیدیته و ارزیابی حسی داشت. در مورد عدد پراکسید روند متفاوتی در ظرف پلی‌پروپیلن وظرف پلی‌اتیلن ترفتالات مشاهده شد. در ظروف پلی‌پروپیلن به دلیل بیشتر بودن عبور اکسیژن از بسته‌بندی اندیس پراکسید دایماً افزایش یافت و این امر با افزایش دما تسریع گردید در حالی‌که اکسیداسیون در ظرف پلی‌اتیلن ترفتالات با سرعت کندتری اتفاق افتاد. نکتهٔ قابل تأمل در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد رخ داد چرا که عدد پراکسید در این دما حتی در مقایسه با نمونه ۴ درجه سانتی‌گراد کمتر بود. ارزیابی سایر ویژگی‌ها نشان داد که دما و زمان اثر تشدیدکنندگی بر افزایش اسیدیته و عدد پاراآنیزیدین داشته و مجموعهٔ این تغییرات باعث کاهش ویژگی‌های کیفی محصول شد. در هیچ یک از نمونه‌ها آثاری از بدطعمی مشاهده نشد اما نمونه‌های نگهداری شده در دمای بالاتر عطر و طعم تازه اولیه را نداشتند. نتایج این پژوهش نشان داد عدد پراکسید به تنهایی شاخص مناسبی در بررسی کیفی کرهٔ بادام‌زمینی محسوب نمی‌شود.

واژه‌های کلیدی: اکسیداسیون، دما، مدت زمان نگهداری، عدد پارا آنیزیدین، عدد پراکسید، کرهٔ بادام‌زمینی

مقدمه

بادام‌زمینی (*Arachis hypogaea* L.) یکی از مهم‌ترین محصولات کشاورزی جهان است که بخش عمده‌ای از آن در آسیا تولید می‌گردد (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۹۵). کرهٔ بادام‌زمینی نوعی محصول خمیری شکل است که از آسیاب کردن بادام‌زمینی برشته تولید می‌شود و به دلیل ارزش غذایی بالا و غنی بودن از پروتئین و ویتامین‌هایی همچون ویتامین E، نیاسین، آنتی‌اکسیدان‌ها و اسید فولیک مورد توجه قرار گرفته است (Pidatala, 2011). به علاوه فیتواسترول، توکوفرول و ترکیبات فنلی موجود در این مغز از ریسک بسیاری از انواع سرطان، بیماری قلبی و انواع بیماری‌های مزمن می‌کاهد (Shakerardekani, 2015).

مغزها به‌صورت خام محتوی آنزیم‌هایی همچون لیپوکسی‌ژناز هستند که منجر به اکسیداسیون مغزهای آسیب دیده می شوند اما این آنزیم‌ها معمولاً حین برشته کردن از بین می‌روند (Shakerardekani, 2015). واکنش خودبه‌خودی اکسیژن اتمسفری یا ترکیبات اکسیژن‌دار (سوپراکسید، هیدروکسید، رادیکال آزاد اکسیژن و رادیکال پراکسید) با لیپیدها تحت عنوان اکسیداسیون لیپیدی بررسی می‌شود. اسیدهای چرب چندغیراشباع معمولاً توسط اتواکسیداسیون لیپیدی تخریب و تجزیه می‌شوند (Pidatala, 2011). طی اکسایش چربی‌ها ابتدا اکسیژن توسط چربی جذب می‌شود، سپس پراکسیدها تولید می‌گردند. در مرحلهٔ بعد پراکسیدها جهت تولید محصولات ثانویه اکسیداسیون می‌شکنند و در نهایت طعم و بوی ناشی از تند شدن در اثر تولید آلدهیدها و کتون‌ها ایجاد می‌شود (Williamson, 1998).

۱- استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.
۲- کارشناس صنایع غذایی و مدیر کنترل کیفی، اصفهان، ایران.
(*- نویسنده مسئول: Email: ravaghi.maryam@gmail.com)
DOI: 10.22067/ifstrj.v17i5.83815

اکسیداسیون لیپیدی یک فرایند چندفاکتوره است که بسیاری از فاکتورهای آن همزمان با هم عمل می کنند یا به یکدیگر وابسته هستند از این رو ارزیابی یک فاکتور به‌صورت مجزا اغلب دشوار است. فاکتورهای اصلی مؤثر بر تند شدن اکسیداتیو در دو گروه فاکتورهای خارجی شامل غلظت اکسیژن، دما، نور، رطوبت نسبی و فاکتورهای ذاتی اعم از ترکیب لیپیدی، مقدار اسیدهای چرب غیراشباع آزاد، فلزات، آنتی‌اکسیدان‌ها، ویژگی‌های فیزیکی مغز و بسته‌بندی طبقه‌بندی می‌شوند (Shahidi and John, 2013). توسعه اکسیداسیون در شرایط تسریع شده در بسیاری از مقالات مورد مطالعه قرا گرفته است اما این روش‌ها اطلاعات مناسبی در مورد رفتار اکسایشی غذا حین نگهداری در شرایط معمول را فراهم نمی‌کند (Velasco *et al.*, 2010).

اکسایش لیپیدها یکی از عوامل مهم در ماندگاری محصولات غذایی است و معمولاً با کاهش ارزش تغذیه‌ای، اثرات نامطلوب بر طعم و رنگ و تولید ترکیبات سمی همراه است (امینی راستابی و میرزایی، ۱۳۹۷). ترکیبات فعال فیزیولوژیکی که حین اکسایش تولید می شوند منجر به تخریب ویتامین‌ها، اسیدهای چرب ضروری، کلروفیل‌ها، کاروتن‌ها، آمینواسیدها، پروتئین‌ها و آنزیم‌ها می‌شوند (شهیدی نوقابی و همکاران، ۱۳۹۸). محصولاتی همچون هیدروپراکسید، الکل، آلدهید و کتون از محصولات اکسیداسیون لیپیدها است که با روش‌های مختلف قابل اندازه گیری است. در بین این روش ها اندازه‌گیری پراکسید شاخصی ساده و کاربردی جهت تعیین کیفیت لیپیدها محسوب می‌شود (Pidatala, 2011). به علاوه اطلاع از وضعیت کیفی چربی محصول پیش از عرضه به بازار برای تولیدکننده اهمیت اقتصادی دارد (حسینی و همکاران، ۱۳۹۱).

بسته‌بندی یکی از ساده‌ترین روش‌های به تعویق انداختن اکسیداسیون لیپیدها است؛ در این روش از تماس مواد اکسیدشونده (لیپید) با عوامل اکسیدکننده (اکسیژن و یون‌های فلزی) جلوگیری می‌شود. پلاستیک‌ها متداول‌ترین مواد بسته‌بندی هستند که از نظر مقاومت به حرارت، نفوذپذیری به گاز و رطوبت و ویژگی‌های مکانیکی متفاوت هستند (Pidatala, 2011). پلی‌اتیلن ترفتالات یکی از انواع پلاستیک‌های بسته‌بندی است که به‌طور گسترده‌ای در صنایع غذایی کاربرد یافته است (Beeva *et al.*, 2015).

کره بادام‌زمینی بسیار مستعد اکسیداسیون است و مطالعهٔ اثر فاکتورهای مختلف بر کیفیت محصول اهمیت دارد. آزمایش‌های این پژوهش در پی حل مشکل پراکسید یکی از کارخانه‌های تولیدکننده کره بادام‌زمینی انجام شد. با توجه به اهمیت تضمین سلامت محصول برای مصرف‌کننده در این پژوهش سعی شد تا وضعیت اکسیداسیون نمونه‌هایی که در شرایط کارخانه تولید و بسته‌بندی شده‌اند طی نگهداری در شرایط مختلف مورد ارزیابی قرار گیرد.

مواد و روش ها

در تولید کره بادام‌زمینی از بادام‌زمینی هندی استفاده شد. فهلینگ A و B، نیترات نقره (۰/۱ نرمال) و کلروفرم از شرکت سامچون (کره) و سایر مواد شیمیایی، معرف‌ها و محیط‌های کشت میکروبی از شرکت مرک آلمان تهیه و استفاده شد.

تولید کره بادام‌زمینی

ابتدا بادام‌زمینی در دمای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه برشته شد و پوست آن‌ها توسط دستگاه پوست‌گیر جدا گردید. بادام‌زمینی‌های کپک‌زده، آفت دار و نامناسب روی خط سورتینگ جدا شد. امولسیفایر مونو دی گلیسرید به میزان ۱٪ به بادام‌زمینی افزوده شد و توسط آسیاب تا اندازه ذرات حدود ۳۰ میکرومتر آسیاب شد. کره بادام‌زمینی در ظروف پلی اتیلن ترفتالات ۲۵۰ گرمی (فضای خالی بالای ظرف[1] ۲ سانتی‌متری و قطر دهانه ۷ سانتی‌متر) پر شد و پس از آن درزبندی[2] و دربندی شد. پر کردن و بسته‌بندی کره بادام‌زمینی در ظروف تک‌نفره پلی‌پروپیلن (فضای خالی بالای ظرف ۰/۵ سانتی‌متری و قطر دهانه ۴ سانتی‌متری) توسط دستگاه انجام شد.

ویژگی‌های شیمیایی و میکروبی محصول تولیدی

نمونه‌ها پس از تولید از نظر اندازه ذرات توسط دستگاه میکرومتر دیجیتال، رطوبت، چربی، قند، خاکستر برا اساس استاندارد ملی ایران شماره ۲۶۹۰ (مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۹۴)، نمک بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۲۸۸۰ (مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۹۴) و پروتئین مطابق استاندارد AOAC (AOAC, 2000) مورد آزمون قرار گرفتند. اندازه‌گیری اسیدهای چرب موجود در نمونه اولیه نیز مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۲-۱۳۱۲۶ (مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۹۴) و ۴-۱۳۱۲۶ (مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۹۴) انجام شد.

آزمون‌های میکروبی نمونه کره بادام‌زمینی شامل شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۵۲۷۲ (مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۹۳)، اندازه‌گیری *اشرشیا کلی* بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۲۹۴۶ (مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۸۴)، کلی‌فرم با توجه به استاندارد ملی ایران به شماره ۹۲۶۳ (مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۸۶) و ۱۱۱۶۶ (مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۸۷) ، کپک مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۳-۱۰۸۹۹ (مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۹۲)، سالمونلا بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۱۸۱۰ (مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۹۳) و استافیلوکوکوس کواگولاز مثبت مطابق استاندارد ملی ایران به شماره

1 Head space

2 Seal

۱-۶۸۰۶ (مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۸۴)، ۲-۶۸۰۶ (مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۸۶) و ۳-۶۸۰۶ (مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۸۵) پس از تولید انجام شد.

شرایط نگهداری

کره‌ها پس از تولید یک شب در شرایط محیطی نگهداری شدند و سپس در سه دمای ۴ ، ۲۵ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. به‌منظور حداقل کردن اثر نور خورشید تمام کره‌های تولیدی در شرایط تاریک نگهداری شدند. نمونه‌ها در زمان صفر و سپس در بازه‌های زمانی مشخص (۳۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ روز) از نظر رطوبت، اندیس پراکسید، عدد پاراآنیزیدین، اسیدیته و ارزیابی حسی مورد آزمون قرار گرفتند.

عدد پراکسید، اسیدیته و عدد پاراآنیزیدین

کره‌های تولیدی در بازه‌های زمانی مشخص از نظر اندیس پراکسید بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۳۷ (مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۹۷)، اسیدیته مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۵۶۹۰ (مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۹۴) و عدد پاراآنیزیدین مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۴۰۹۳ (مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۹۵) ارزیابی شدند.

ارزیابی حسی

کره‌های تولیدی در بازه های زمانی مشخص توسط ده پانلیست نیمه آموزش دیده شاغل در کارخانه (گروه سنی ۳۰ تا ۵۰ سال) ارزیابی شدند. مبنای انتخاب پانلیست‌ها تشخیص طعم و بوهای اصلی و داشتن وقت کافی بود. به علاوه پانلیست‌ها حداقل دوبار در هفته از کره بادام‌زمینی استفاده می‌کردند. قبل از شروع آزمون نیز توضیحاتی در مورد روش درجه‌بندی و کلیات کار در اختیار ارزیابان قرار گرفت. از مقیاس هدونیک ۵ نقطه با اصطلاحات توصیفی برای رتبه‌بندی نمونه‌ها استفاده گردید؛ بدین صورت که عدد ۵ به‌عنوان نمونه خیلی خوب و ۱ به‌عنوان خیلی بد در نظر گرفته شد. هدف از این بررسی وجود یک ارزیابی کلی با تأکید بر بروز طعم و بوی نامطبوع ناشی از فساد بود. در بین نمونه‌ها از آب برای نوشیدن و پاک کردن دهان از طعم نمونه قبلی استفاده شد (Riveros *et al.*, 2009).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

آزمایش‌ها در قالب طرح کرت‌های خرد شده بر پایه کاملاً تصادفی با ۳ تکرار اجرا شد. در این طرح فـاکتور درجـه حرارت به‌عنوان پلات اصلی و فاکتور زمان نگهداری به‌عنوان پلات فرعی در نظـر گرفتـه شـد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از آنالیز واریانس توسط نرم‌افزار SAS 9.1 (SAS Institute, 2002) و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

ویژگی‌های شیمیایی و میکروبی محصول تولیدی

اندازه ذرات، درصد رطوبت، چربی، قند، خاکستر، نمک و پروتئین کرهٔ بادام‌زمینی در جدول ۱، گزارش شده است. مطابق با نتایج به‌دست آمده، بیشترین درصد ترکیبات متعلق به چربی با ۰/۸۵±۵۴/۵۵ درصد بود و پس از آن پروتئین با ۰/۳۱±۲۲/۲۸ درصد قرار داشت. توجه به مقدار چربی محصول از آن‌جا اهمیت دارد که چربی‌ها مستعد اکسیداسیون هستند و در صورت نامناسب بودن شرایط نگهداری به سرعت کیفیت خود را از دست می‌دهند. مقادیر مربوط به ترکیبات شیمیایی موجود در کره بادام‌زمینی تهیه شده با نتایج گزارش شده توسط ابراهیمی و همکاران (۱۳۹۵)، روی بادام‌زمینی واریته هندی کشت شده در استان گلستان تقریبا هم‌خوانی داشت. این پژوهشگران نشان دادند که بادام‌زمینی واریته هندی محتوی ۵۱/۲۶ درصد چربی، ۲۰/۰۲ درصد پروتئین، ۴/۵۳ درصد قند، ۳/۵۶ درصد رطوبت، ۴۳/۱۶ درصد اولئیک اسید و ۳۶/۸۴ درصد لینولئیک اسید است. ذکر این نکته ضروری است که در پژوهش مذکور نتایج مربوط به بادام‌زمینی خام گزارش شده بود. در استاندارد کره بادام‌زمینی مقدار قند کل بر حسب ساکارز ۳ درصد وزنی برای کره بادام‌زمینی بدون شکر در نظر گرفته شده است که با .درصد قند نمونهٔ تولیدی (۰/۶۲±۳/۸۶ درصد) مطابقت نداشت. این در حالی است که نه تنها در پژوهش حاضر بلکه در سایر پژوهش‌ها هم بعضاً اعداد بالاتری مشاهده شد که به‌نظر می‌رسد این عدد در استاندارد ۵۶۹۰ (مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۹۴) نیازمند بازنگری است. سایر اعداد بدست آمده برای کره بادام‌زمینی با استاندارد مذکور مطابقت داشت.

کره بادام‌زمینی تولیدی اندازه ذراتی در حد ۱±۳۰ میکرومتر داشت و از این نظر بافتی مطلوب و نسبتا نرم ایجاد کرد. اندازه ذرات کره بادام‌زمینی نه تنها از نظر تولید محصولی با بافت مناسب و مطلوب مشتری ضروری است بلکه یکی از عوامل تأثیرگذار بر اکسیداسیون لیپیدی است. طی فرایند آسیاب کردن اندازه ذرات کاهش می‌یابد و با افزایش نسبت سطح به حجم ذرات کره بادام‌زمینی حساسیت لیپیدها به اکسایش افزایش می‌یابد (Mohd Rozalli *et al.*, 2016). Schorno و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که طی فرایند آسیاب کردن تخم کتان محصولات با بافت نرم سه برابر اکسایش (با اندازه‌گیری اندیس پراکسید) سریع‌تری نسبت به محصولات با بافت زبر طی ۴۸ روز نگهداری داشتند. Woodroof (۱۹۸۳) نیز نشان داد که کره

بادام‌زمینی با بافت زبر اندیس پراکسید پایین‌تری پس از ۱۲ ماه نگهداری نسبت به انواع با بافت نرم داشت.

جدول ۱- ویژگی‌های شیمیایی کره بادام‌زمینی پس از تولید

اندازه ذرات (میکرومتر)	رطوبت (درصد)	چربی (درصد)	قند بر حسب ساکارز (درصد)	خاکستر (درصد)	نمک (درصد)	پروتئین (درصد)
۳۰±۱	۰/۴۸±۰/۰۵	۵۴/۵۵±۰/۸۵	۳/۸۶±۰/۶۲	۲/۱۰±۰/۱۰	۰/۰۲±۰/۰۱	۲۲/۲۸±۰/۳۱

پروفایل اسیدهای چرب کره بادام‌زمینی در جدول ۲، نشان داده شده است. کره بادام‌زمینی تولیدی، محتوی ۱۷/۰۶ درصد اسیدچرب اشباع، ۵۷/۵۷ درصد اسیدهای چرب تک غیراشباع و ۲۵/۳۵ درصد اسیدهای چرب چند غیراشباع بود. اسید چرب غالب در کره بادام‌زمینی اولئیک اسید (۵۶/۴۴ درصد) بود و پس از آن به‌ترتیب لینولئیک اسید (۲۳/۰۵ درصد) و پالمتیک اسید (۱۰/۹۶ درصد) قرار داشت. سایر اسیدهای چرب در مقادیر کمتری در نمونه وجود داشت.

جدول ۲- پروفایل اسیدهای چرب کره بادام‌زمینی بلافاصله پس از تولید

اسید چرب	درصد	اسید چرب	درصد
$C_{14:0}$	۰/۰۶	$C_{18:3}$	۰/۰۶
$C_{16:0}$	۱۰/۹۶	$C_{20:0}$	۱/۴
$C_{16:1}$	۰/۰۷	$C_{20:1}$	۰/۹۷
$C_{17:0}$	۰/۰۸	$C_{20:3}$	۲/۲۴
$C_{17:1}$	۰/۰۵	$C_{21:0}$	۰/۰۲
$C_{18:0}$	۴/۵۰	$C_{22:1}$	۰/۰۴
$C_{18:1}$	۵۶/۴۴	$C_{23:0}$	۰/۰۴
$C_{18:2}$	۲۳/۰۵		

اسیدهای چرب تک غیراشباع، کلسترول با دانسیته پایین را کاهش می‌دهند، پروفایل لیپیدی خون را بهبود می‌بخشند و باعث کاهش ریسک بیماری‌های قلبی-عروقی مانند حمله قلبی و تصلب شرایین می‌شوند. این اسیدهای چرب با کاهش چربی‌های شکمی در کاهش وزن مؤثرند. اسیدهای چرب چند غیراشباع محتوی اسیدهای چرب امگا ۳ و امگا ۶ هستند. آلفا لینولنیک اسید نوعی اسید چرب امگا ۳ است که مانع از بروز فشار خون، بیماری های قلبی عروقی و لخته شدن خون می شود (Delgado-Lista *et al.*, 2012). علی‌رغم فواید بسیار اسیدهای چرب غیراشباع، سرعت اکسیداسیون با افزایش درجه غیراشباعیت افزایش می‌یابد (Shakerardekani, 2015). بدین ترتیب بررسی اسیدهای چرب از نقطه نظر اکسیداسیون امری ضروری است. آزمون میکروبی نمونه کره بادام‌زمینی در جدول ۳، آورده شده است. نتایج حاصل از مشاهدات میکروبی نمونه حاکی از عدم رشد میکروارگانیسم‌ها و کاملاً منطبق بر استاندارد ۵۶۹۰ بود. ابراهیمی و همکاران (۱۳۹۵) نشان دادند که رشد میکروارگانیسم‌هایی همچون کپک‌ها از عوامل مؤثر در افزایش اندیس پراکسید است. بدین ترتیب می‌توان در این پژوهش فرض کرد که اکسیداسیون لیپیدها مستقل از عوامل میکروبی و وابسته به شرایط نگهداری است.

جدول ۳- آزمون میکروبی نمونه کره بادام‌زمینی

آزمون میکروبی	CFU/gr در ظرف پلی اتیلن ترفتالات	CFU/gr* در ظرف پلی پروپیلن
شمارش کلی	<۱۰۰	<۱۰۰
کلی‌فرم	<۱۰	<۱۰
اشریشیا کلی	منفی	منفی
استافیلوکوکوس کواگولاز مثبت	منفی	منفی
کپک	<۱۰	<۱۰
سالمونلا	منفی*	منفی*

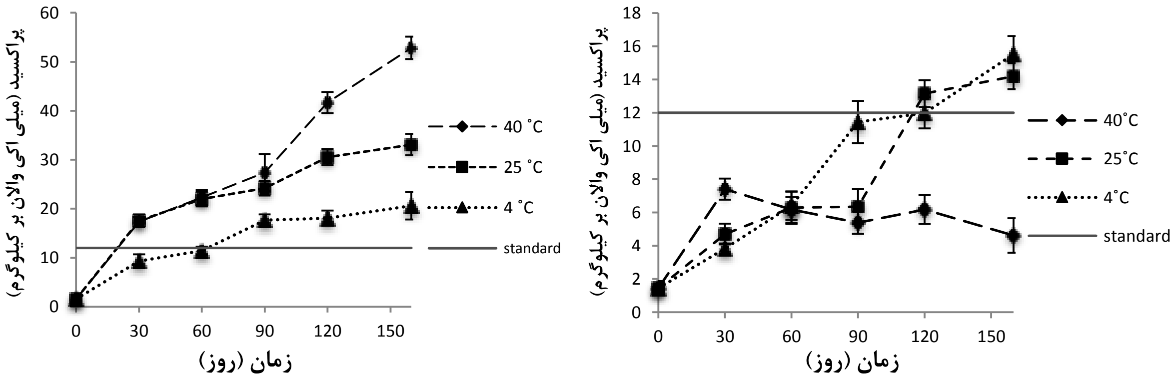
*در مورد سالمونلا در ۲۵ گرم نمونه اندازه‌گیری صورت گرفت.

رطوبت

رطوبت کره‌های نگهداری شده در دماهای مختلف طی زمان تفاوت آماری معنی داری نشان نداد (p>۰/۰۵). مقادیر رطوبت نمونه‌ها در مدت زمان ۱۶۰ روز در محدودهٔ ۰/۰۸±۰/۵بود. نتایج بدست آمده با نتایج برخی پژوهشگران همچون Mohd Rozalli و همکاران (۲۰۱۶) مغایرت داشت. آن‌ها نشان دادند که در کره بادام‌زمینی نگهداری شده در ظروف پلی‌پروپیلن با افزایش دمای نگهداری، رطوبت تا کمتر از دو برابر افزایش یافت و این افزایش در نمونه‌های نگهداری شده در ۲۵ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد سریع‌تر رخ داد.

اندیس پراکسید

شاخص اکسیداسیون لیپیدی در کره بادام‌زمینی توسط اندیس پراکسید تعیین می‌شود (Mohd Rozalli *et al.*, 2016). همان‌طور که قبلاً ذکر شد کره بادام زمینی به علت دارا بودن اسیدهای چرب غیراشباع در مقادیر بالا مانند لینولئیک‌اسید بسیار مستعد اکسیداسیون لیپیدی است. اندیس پراکسید، معیار اندازه‌گیری هیدروپراکسیدهای محصول است که در مراحل اولیه اکسیداسیون تولید می شوند. شکل ۱، اندیس پراکسید کره بادام‌زمینی را طی نگهداری ۱۶۰ روز در دماهای مختلف و در دو جنس ظرف پلی‌پروپیلن و پلی‌اتیلن‌ترفتالات نشان می‌دهد.



شکل ۱- اندیس پراکسید کره بادام‌زمینی طی ۱۶۰ روز نگهداری در دمای ٤، ۲۵ و ٤۰ درجه سانتی‌گراد در ظرف پلی‌پروپیلن (سمت چپ) و پلی اتیلن ترفتالات (سمت راست).

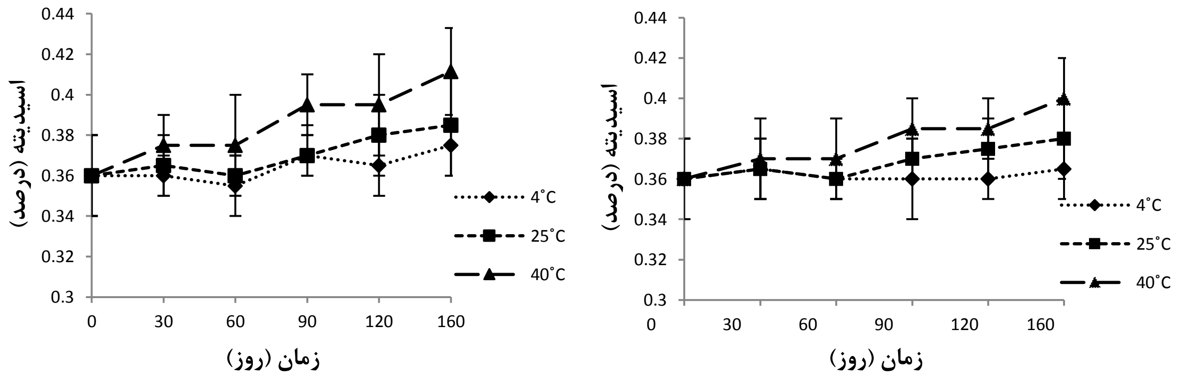
نتایج نشان داد دما و زمان اثر متقابل معنی‌داری بر اندیس پراکسید نمونه‌های بسته‌بندی شده در ظروف پلی‌پروپیلن و ظروف پلی‌اتیلن ترفتالات داشتند (p<۰/۰۵). افزایش عدد پراکسید ناشی از شدت یافتن اکسیداسیون با افزایش مدت زمان نگهداری است (شاهین و همکاران، ۱۳۹۲). به علاوه اکسیداسیون لیپیدها و افزایش سرعت تند شدن چربی بسیار وابسته به دما است و با افزایش دما به سرعت افزایش می‌یابد (Shahidi & John, 2013). این دو فاکتور در کنار اثر تشدیدکنندگی بر اندیس پراکسید داشتند. با این وجود کاملاً مشخص است که روند افزایش در دماهای مختلف طی زمان بسته به جنس ظرف متفاوت است. در ظروف پلی‌پروپیلن به دلیل بیشتر بودن عبور اکسیژن از بسته‌بندی اندیس پراکسید دایماً افزایش یافت و این امر با افزایش دما تسریع گردید (شکل ۱ سمت چپ). بدین‌ترتیب نمونه‌ها در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد پس از دو ماه نگهداری و در دمای ۲۵ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد در کمتر از یک ماه از محدودهٔ استاندارد پراکسید (۱۲ میلی‌اکی والان بر کیلوگرم) خارج شدند. پژوهش‌های بسیاری نشان داده‌اند که چربی در حضور غلظت بالای اکسیژن دچار اکسیداسیون سریع‌تر در مقایسه با غلظت‌های پایین‌تر اکسیژن می‌شود (Shahidi& John, 2013). Mohd Rozalli و همکاران (۲۰۱۶) نشان دادند که پراکسید کره بادام‌زمینی (بدون پایدارکننده) در ظروف پلی‌پروپیلن طی زمان روند افزایشی داشت. در آزمایش این پژوهشگران اندیس پراکسید در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد نسبتاً ثابت بود اما با افزایش دما اندیس پرکسید افزایش یافت. مقدار پراکسید که در زمان صفر ۰/۵میلی‌اکی والان بر کیلوگرم بود پس از ۱۶ هفته نگهداری به حدود ۷۵ (در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد) و ۸۰ میلی‌اکی والان بر کیلوگرم (در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد) رسید. با توجه به تأثیرات دما Woodroof (۱۹۸۳)، نگهداری در دمای پایین را برای جلوگیری از تند شدن کره بادام‌زمینی خصوصاً در تابستان پیشنهاد داد. این امر بایستی در کارخانه‌های صنایع غذایی و از زمان تولید تا مصرف مورد توجه قرار گیرد.

در ظروف پلی‌اتیلن ترفتالات وضعیت تا حدی متفاوت بود. جنس ظرف نفوذپذیری کمتری در مقایسه با پلی‌پروپیلن داشت و به علاوه حجم نمونه موجود در ظرف هم بیشتر بود. در این حالت کره بادام‌زمینی، نسبت سطح به حجم کمتری برای دسترسی به اکسیژن داشت و بدین ترتیب اکسیداسیون با سرعت کمتری رخ داد. در نمونه‌های ۴ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد بیش از ۴ ماه طول کشید تا نمونه‌ها از محدوده استاندارد پراکسید (۱۲ میلی‌اکی‌والان بر کیلوگرم) خارج شدند. روند اکسیداسیون در نمونه‌های ۴ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد مشابه بود اما دمای

۴۰ درجه سانتی‌گراد رفتاری متفاوت نشان داد. در این دما پراکسید ابتدا تا ۷/۴±۰/۶۴ افزایش یافت و پس از آن روندی نسبتاً ثابت را نشان داد. به‌نظر می‌رسد در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد و در شرایط موجود در ظرف، سرعت تولید و تجزیه پراکسید تقریباً برابر است. پراکسید محصول اولیه اکسیداسیون است و بسته به شرایط با سرعت متفاوتی تولید و تجزیه می‌شود. هیدروپراکسیدهای لیپیدی در دمای اتاق پایدارند اما با افزایش دما به راحتی به رادیکال‌های آلکوکسی می‌شکنند و آلدهیدها، کتون‌ها، اسیدها، استرها، الکل‌ها و کربونیل‌های زنجیره کوتاه را تولید می‌کنند. توسعهٔ این ترکیبات در نهایت منجر به تغییرات طعم و بو می‌شود (Choe and Min, 2006). این مسئله در نمونه‌برداری و انجام آزمایش‌های استاندارد اهمیت دارد چرا که نشان می‌دهد همواره شرایط بد نگهداری الزامی برای افزایش پراکسید ایجاد نمی‌کند.

اسیدیته

شکل ۲، اسیدیته کره بادام‌زمینی را طی نگهداری ۱۶۰ روز در دماهای مختلف و در دو جنس ظرف پلی‌پروپیلن و پلی‌اتیلن ترفتالات نشان می‌دهد. نتایج تجزیه و تحلیل آماری حاکی از وجود اثر متقابل معنی‌دار دما و زمان بر اسیدیته نمونه‌های کره بادام‌زمینی نگهداری شده در هر دو نوع ظرف بود (p<۰/۰۵). اسیدیته کره بادام‌زمینی در نمونه‌های تولیدی ۰/۳۶±۰/۰۲ بود تا روز ۱۶۰ام نگهداری به ۰/۳۷ (دمای ۴ درجه سانتی‌گراد)، ۰/۳۸ (دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد) و ۰/۴۰ (دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد) در ظروف پلی‌اتیلن ترفتالات (شکل سمت راست) و در نمونه‌های بسته‌بندی شده در ظروف پلی‌پروپیلن (شکل سمت چپ) به ۰/۳۸ (دمای ۴ درجه سانتی‌گراد)، ۰/۳۹ (دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد) و ۰/۴۱ (دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد) رسید. گرچه این مقادیر به لحاظ آماری معنی‌دار بود (P<۰/۰۵)، اما به لحاظ عددی تغییر چندان محسوسی به حساب نمی‌آمد. بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۵۶۹۰ (مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۹۴) بیشینه مجاز اسیدیته برای کره بادام‌زمینی ۲/۵ درصد بود که از این نظر تمام نمونه‌ها پس از نگهداری در محدوده مجاز قرار داشتند. اسیدیته معیاری برای تعیین فساد هیدرولیتیکی است که عمدتاً در اثر هیدرولیز اسیدهای چرب در حضور آب افزایش می‌یابد (شاهین و همکاران، ۱۳۹۲). با این وجود واکنش‌های اکسایشی دیگر نیز می‌توانند منجر به تولید اسیدهای چرب آزاد شوند. از این رو پایش اسیدیته یکی از پارامترهای کنترل کیفیت اکسیداسیون است. به علاوه این ترکیبات می‌توانند دراتواکسیداسیون نیز شرکت کنند (خشنودی نیا و صداقت، ۱۳۹۲ و خشنودی‌نیا و همکاران، ۱۳۹۳). Caglarirmak و همکاران (۲۰۰۵) نشان دادند که بادام‌زمینی پوست گیری شده و برشته نسبت به نمونه های با پوست و نگهداری شده در خلأ اسیدهای چرب آزاد بیشتری داشت که این امر ناشی از افزایش اسیدیته به علت اکسیداسیون نمونه‌ها حتی با کاهش میزان رطوبت بود.

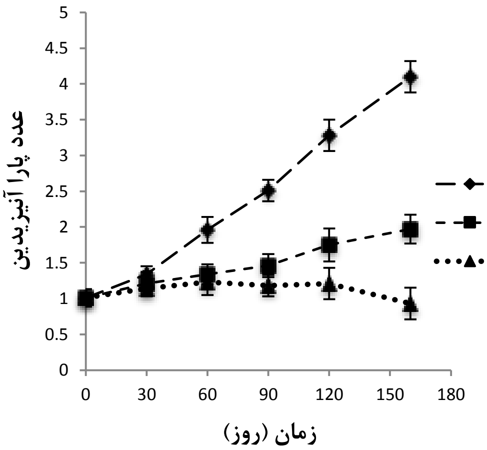


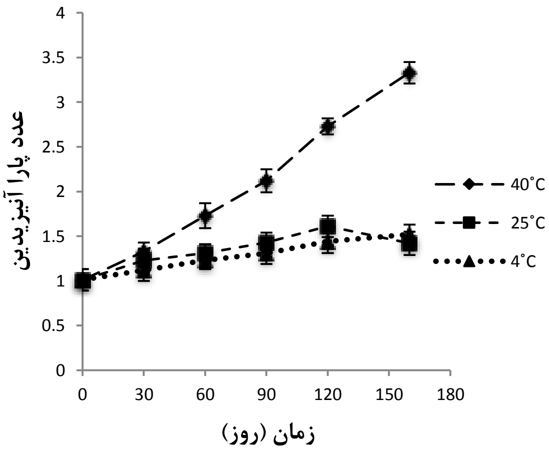
شکل ۲- اسیدیته کره بادام‌زمینی طی ۱۶۰ روز نگهداری در دمای ٤، ۲۵ و ٤۰ درجه سانتی‌گراد در ظرف پلی‌پروپیلن (سمت چپ) و پلی‌اتیلن ترفتالات (سمت راست).

عدد پاراآنیزیدین

شکل ۳، عدد پاراآنیزیدین نمونه‌های کره بادام‌زمینی را طی نگهداری ۱۶۰ روز در دماهای مختلف و در دو جنس ظرف پلی‌پروپیلن و پلی‌اتیلن ترفتالات نشان می‌دهد. دما و زمان اثر متقابل معن‌داری بر عدد آنیزیدین نمونه‌ها در هر دو جنس ظرف داشت (p<۰/۰۵). عدد آنیزیدین شاخصی از محصولات ثانویه اکسیداسیون است که در اثر شکستن محصولات اولیه اکسایش (هیدروپراکسیدها) تولید می شوند (امیرسرداری و همکاران، ۱۳۹۷). در این روش، آلدهیدها خصوصاً ۲-آلکنال‌ها و ۲و۴-آلکادی‌انال‌ها اندازه‌گیری می‌شوند (Chien, 2015). این آزمون به ویژه در روغن‌هایی با پراکسید پایین که احتمال تقلب در آن‌ها وجود دارد کاربرد یافته است. اگرچه عدد آنیزیدین در استاندارد کره بادام‌زمینی لحاظ نشده است اما عدد آنیزیدین ۱۰ یا کمتر برای روغن‌های خوراکی مورد قبول است (Shakerardekani, 2015). از

این نظر تمامی نمونه‌ها حتی پس از اتمام دورهٔ نگهداری همچنان در محدوده مجاز خوراکی بودند.





شکل ۳- عدد پاراآنیزیدین کره بادام‌زمینی طی ۱٦۰ روز نگهداری در دمای ٤، ۲۵ و ٤۰ درجه سانتی‌گراد در ظرف پلی‌پروپیلن (سمت چپ) و پلی اتیلن ترفتالات (سمت راست).

در ظروف پلی‌پروپیلن که اکسیژن بیشتری در دسترس محصول قرار داشت عدد پاراآنیزیدین نیز مقادیر بیشتری نشان داد. در دمای بالاتر اکسیداسیون شدت یافته و محصولات اکسایش به میزان بیشتری طی زمان تولید شدند. بدین ترتیب عدد پاراآنیزیدین که در زمان صفر ۱/۰۱±۰/۱۲ بود با اعمال تیمار دمایی ۴۰ درجه سانتی‌گراد طی ۱۶۰ روز نگهداری به ۴/۱۰±۰/۲۲ رسید. در دمای پایین مانند اعمال تیمار ۴ درجه سانتی‌گراد حتی اگر پراکسیدها به‌عنوان محصولات اولیه اکسایش تولید شوند، روند تولید محصولات ثانویه و نهایی اکسایش به تعویق افتاده و کیفیت محصول به مدت طولانی‌تری حفظ شده است.

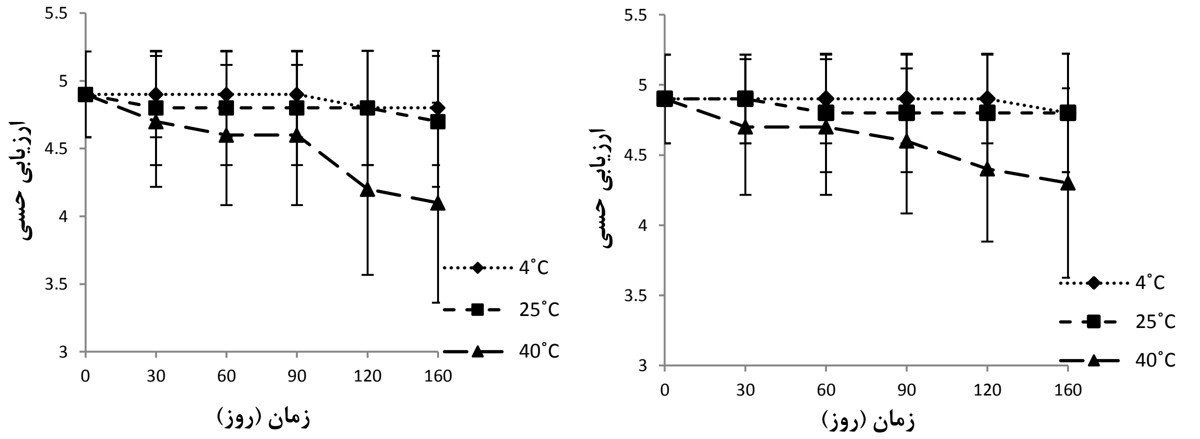
در ظروف پلی‌اتیلن ترفتالات که منبع محدودتری از اکسیژن وجود داشت عدد پاراآنیزیدین نمونه‌ها در دمای ۲۵ و ۴ درجه سانتی‌گراد تغییرات بسیار محدودی نشان داد اما همچنان افزایش عدد پاراآنیزیدین با اعمال دمای بالا مانند دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد طی زمان نگهداری مشاهده شد. گرچه مقدار عددی اندیس پاراآنیزیدین در این ظروف پس از ۱۶۰ روز نگهداری (عدد پاراآنیزیدین برابر ۳/۳۳±۰/۱۲) به مراتب از ظروف پلی‌پروپیلن (۴/۱۰±۰/۲۲) کمتر بود.

ارزیابی حسی

ارزیابی حسی باعث شناسایی نقایص مرتبط با طعم و بو در مواد غذایی می‌شود که در حالت طبیعی توسط آزمون‌های دستگاهی قابل تشخیص نیست با این وجود این امر نیازمند پانلیست‌های آموزش دیده، امکانات کافی و هزینه زیاد است (Velasco *et al.*, 2010). روش‌های دقیق دستگاهی و آزمون‌های شیمیایی اغلب به‌عنوان متمم ارزیابی حسی در نظر گرفته می‌شوند (Shahidi & John, 2013). از طرف دیگر ارزیابی حسی به تنهایی شواهد کافی برای پیگرد قانونی تولیدکنندگان و فروشندگان محصولات اکسید شده و فاقد کیفیت فراهم نمی‌آورد بنابراین وجود روش‌های آنالیز کمی جهت تشخیص تند شدن بادام‌زمینی امری ضروری است (Williamson, 1998). پژوهشگران روش‌های ساده‌ای همچون اندیس پراکسید و عدد آنیزیدین را جهت تعیین ماندگاری بر مبنای آزمون‌های حسی پیشنهاد داده‌اند (Zajdenwerg *et al.*, 2011). معمولاً وضعیت اکسایشی نمونه همراه با ارزیابی حسی بررسی می‌شود چرا که تولید ترکیبات نامطلوب طعم و بو از محصولات ثانویه اکسیداسیون چربی‌ها (مانند پنتانال، هگزانال، اکتانال) است (Shakerardekani, 2015).

شکل ۴، ارزیابی طعم نمونه‌های کره بادام‌زمینی را طی نگهداری ۱۶۰ روز در دماهای مختلف و در دو جنس ظرف پلی‌پروپیلن و پلی‌اتیلن ترفتالات نشان می‌دهد. همان‌گونه که از سایر نتایج نیز انتظار می‌رفت دما و زمان اثر متقابل معنی داری بر ویژگی‌های حسی نمونه طی زمان داشتند ($p<۰/۰۵$). تمام نمونه‌ها حتی نمونه‌های نگهداری شده در ۴۰ درجه سانتی‌گراد پس از گذشت ۱۶۰ روز اثری از طعم و بوی نامطلوب را نشان ندادند اگرچه برخی از پانلیست‌ها اذعان داشتند که این نمونه‌ها تا حدی تازگی اولیه خود را از دست داده‌اند. این امر علت کاهش امتیاز داده شده به این نمونه‌ها از سوی پانلیست‌ها بود. بسیاری از پژوهشگران نشان دادند که بین افزایش پراکسید و کاهش پذیرش کلی بادام‌زمینی یک رابطهٔ منفی وجود دارد (Nepote *et al.*, 2009). این امر در مورد ظروف پلی پروپیلن که منبع اکسیژن کافی برای اکسیداسیون بود کاملاً صدق کرد. تغییرات در ظروف پلی‌اتیلن ترفتالات کمتر از ظروف

پلی‌پروپیلن بود که بیانگر کمتر بودن اکسایش و محصولات ناشی از آن در نمونه است.



شکل ٤- ارزیابی حسی کره بادام‌زمینی طی ١٦٠ روز نگهداری در دمای ٤، ٢٥ و ٤٠ درجه سانتی‌گراد در ظرف پلی‌پروپیلن (سمت چپ) و پلی‌اتیلن ترفتالات (سمت راست).

نتیجه‌گیری

کره بادام‌زمینی منبعی غنی از مواد مغذی و ترکیبات بیواکتیو است که به‌صورت مجزا یا در فرمولاسیون‌های غذایی مصرف می‌شود. وجود اسیدهای چرب چندغیراشباع افزون بر خواص تغذیه‌ای، این محصول را مستعد اکسایش می‌کند. نتایج این پژوهش نشان داد بسته‌بندی کره بادام‌زمینی در ظروف تک‌نفره پلی‌پروپیلن ماندگاری محصول را کاهش داد از این‌رو محصول بایستی در شرایط سرد نگهداری شود. برای غلبه بر این مشکل بهتر است از پلی‌پروپیلن پوشش‌دار یا سایر انواع پلاستیک مقاوم به نفوذ اکسیژن استفاده شود. روش‌های آنالیز پایداری اکسیداتیو چربی‌ها اغلب محدودیت‌هایی دارد و از این رو انتخاب یک آزمون بهینه به دلیل ماهیت پیچیده فرایندهای شیمیایی دشوار است. پراکسیدها محصولات اولیه اکسیداسیون چربی‌ها هستند و عمدتا ناپایدار بوده و به محصولات دیگری تبدیل می شوند. با توجه به نتایج ظروف پلی‌اتیلن ترفتالات، می‌توان گفت اندازه‌گیری عدد پراکسید به‌عنوان شاخص اکسیداسیون به تنهایی معیار مناسبی در ارزیابی کیفی محسوب نمی‌شود؛ از این‌رو توسعه اکسیداسیون باید توسط بیش از یک روش پایش شود.

منابع

ابراهیمی، م.، خمیری، م.، و مقصودلو، ی.، ۱۳۹۵، بررسی تأثیر تلقیح کپک *Aspergillus flavus* بر تغییرات میزان اسیدهای چرب، اندیس پراکسید و تولید آفلاتوکسین در چهار واریته رایج بادام زمینی برداشت شده از سطح مزارع استان گلستان، *نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران*، ۱۲ (۴)، ۴۰۲-۳۹۴.

امیرسرداری، ا.، اسداللهی، س.، و اسحاقی، م. ر.، ۱۳۹۷، بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی و پایداری اکسایشی روغن سرخ‌کردنی فاقدپالم در مقایسه باروغن سرخ کردنی حاوی پالم، *علوم وصنایع غذایی ایران*، ۸۰ (۱۵)، ۲۵۵-۲۴۵.

حسینی، ح.، قربانی، م.، صادقی ماهونک، ع.، و مقصودلو، ی.، ۱۳۹۱، کاربرد شاخص دی‌ان مزدوج به عنوان معیاری ازپیشرفت اکسایش گردو، نشریه فرآوری ونگهداری موادغذایی، ۴ (۱)، ۱۳-۱.

خشنودی‌نیا، س.، صداقت، ن.، و رادمرد قدیری، غ.، ۱۳۹۳، اثر پوشش خوراکی ژلاتین حاوی آنتی اکسیدان بر ویژگی های سختی و مولفه‌های رنگی پسته برشته شده، *پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی*، ۲ (۴)، ۳۱۰-۲۹۵.

خشنودی‌نیا، س.، و صداقت، ن.، ۱۳۹۲، تأثیر پوشش خوراکی ژلاتینی حامل آنتی اکسیدان بر پایداری اکسیداسیونی و ویژگی های حسی پسته ی برشته ی اوحدی، علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، ۹ (۱)، ۲۰-۱۱.

امینی راستابی، ج.، و میرزایی، ع.، ۱۳۹۷، تاثیر پوشش دهی با صمغ فارسی بر ماندگاری مغز گردو، *تحقیقات مهندسی صنایع غذایی*، ۱۷ (۲)، ۱۱۱-۱۰۱.

شاهین، ر.، نایب‌زاده، ک.، علیزاده، ل.، و محمدی، ع.، ۱۳۹۲، بررسی اثرات آنتی‌اکسیدانی توکوفرول در مقایسه با TBHQ بر روند اکسیداسیون روغن مایونز طی مدت زمان ماندگاری، *علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران*، ۸ (۴)، ۲۳۶-۲۲۷.

شهیدی نوقابی، م.، نیازمند، ر.، صراف، م.، و شهیدی نوقابی، م.، ۱۳۹۸، بررسی اثر آنتی‌اکسیدان و نگهدارنده ها بر ویژگی‌های اکسایشی و میکروبی کرهٔ گردو طی زمان ماندگاری، *نشریه پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی*، ۸ (۲): ۱۶۴-۱۵۱.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۸۴، میکروبیولوژی مواد غذایی و خوراک دام- روش جستجو و شمارش *اشریشیاکلی* با استفاده از روش بیشترین تعداد احتمالی، *استاندارد ملی ایران*، شماره ۲۹۴۶، تجدید نظر دوم.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۸۴، میکروبیولوژی مواد غذایی و خوراک دام – شمارش استافیلوکوکوسهای کواگولاز مثبت (استافیلوکوکوس ارئوس و سایر گونه‌ها) – روش آزمون قسمت اول : روش استفاده از محیط کشت برد – پارکر آگار، *استاندارد ملی ایران*، شماره ۱-۶۸۰۶، چاپ اول.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۸۵، میکروبیولوژی مواد غذایی و خوراک دام ـ روش جامع برای شمارش استافیلوکوکوسهای کواگولاز مثبت (استافیلوکوکوس اورئوس و سایر گونه‌ها) قسمت سوم : جستجو، شناسایی و شمارش به شیوه محتمل‌ترین تعداد (MPN) برای تعداد کم میکروارگانیسم، *استاندارد ملی ایران*، شماره ۳-۶۸۰۶، چاپ اول.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۸۶، میکروبیولوژی مواد غذایی و خوراک دام – روش جامع برای شمارش کلیفرم ها – روش شمارش کلنی، استاندارد ملی ایران، شماره ۹۲۶۳، چاپ اول.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۸۶، میکروبیولوژی مواد غذایی و خوراک دام –روش جامع برای شمارش استافیلوکوکوسهای کواگولاز مثبت (استافیلوکوکوس اورئوس و سایر گونه‌ها) قسمت دوم : روش استفاده از محیط کشت رابیت پلاسما فیبرینوژن آگار، *استاندارد ملی ایران*، شماره ۲-۶۸۰۶، چاپ اول.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۸۷، میکروبیولوژی مواد غذایی و خوراک دام –روش جامع برای شناسایی و شمارش کلی فرمها، *استاندارد ملی ایران*، شماره ۱۱۱۶۶، چاپ اول.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۹۲، میکروبیولوژی مواد غذایی و خوراک دام –روش شمارش کپک ها و مخمرها–قسمت ۳- روش شمارش کلنی در فراورده های با فعالیت آبی (A_w) مساوی یا کمتر از ۰/۰۶، استاندارد ملی ایران، شماره ۳-۱۰۸۹۹، چاپ اول.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۹۳، میکروبیولوژی زنجیره غذایی –روش جامع برای شمارش میکروارگانیسم ها–قسمت ۱- شمارش کلنی در ۳۰درجه سانتی گراد با استفاده از روش کشت آمیخته، *استاندارد ملی ایران*، شماره ۱-۵۲۷۲، چاپ اول.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۹۳، میکروبیولوژی مواد غذایی و خوراک دام –روش جامع برای جستجو و شناسایی گونه‌های سالمونلا، *استاندارد ملی ایران*، شماره ۱۸۱۰، تجدید نظر چهارم.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۹۴، روغن ها و چربی های گیاهی و حیوانی –کروماتوگرافی گازی متیل استرهای اسیدهای چرب- قسمت ۲- تهیه متیل استرهای اسیدهای چرب، *استاندارد ملی ایران*، شماره ۲-۱۳۱۲۶، چاپ اول.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۹۴، روغن ها و چربی های گیاهی و حیوانی کروماتوگرافی گازی متیل استرهای اسید چرب –قسمت ۴- اندازه گیری با کروماتوگرافی گازی موئینه، *استاندارد ملی ایران*، شماره ۴-۱۳۱۲۶، چاپ اول.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۹۴، فرآورده های حجیم شده بر پایه بلغور و آرد غلات –ویژگی ها و روشهای آزمون، *استاندارد ملی ایران*، شماره ۲۸۸۰، تجدید نظر چهارم.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۹۴، کره بادام زمینی- ویژگی‌ها و روش‌های آزمون، استاندارد ملی ایران، شماره ۵۶۹۰، تجدید نظر اول.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۹۵، روغن ها و چربی های گیاهی و حیوانی –اندازه گیری عدد آنیزیدین –روش آزمون، *استاندارد ملی ایران*، شماره ۴۰۹۳، تجدید نظر دوم.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۹۷، یسکویت –ویژگی ها و روش های آزمون، *استاندارد ملی ایران*، شماره ۳۷، تجدید نظر هشتم.

AOAC, 2000, Official methods of analysis, Association of official analytical chemist society.

Beeva, D. A., Borisov, V. A., Mikitaev, A. K., Ligidov, M. Kh., Beev, A. A., and Barokova, E. B., 2015, Controlling the barrier properties of polyethylene terephthalate. A review, *International Polymer Science and Technology*, 42(7), 45-52.

Caglarirmak, N.; and Batkan, A.C., 2005, Nutrients and biochemistry of nuts in different consumption types in turkey. *Journal of Food Processing and Preservation*, 29, 407-423.

Chien, Y. H., 2015, Shelf life extension of seed butter made with sesame, sunflower and pumpkin seeds, B.S. Graduate Program in Food Science and Technology, The Ohio State University.

Choe, E., and Min, D. B., 2006, Mechanisms and factors for edible oil oxidation. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 5(4), 169–186.

Delgado-Lista, J., Perez-Martinez, P., Lopez-Miranda, J., and Perez-Jimenez, F., 2012, *Brazilian Journal of Nutrition*, 107 (2), 201-13.

Mohd Rozalli, N. H., Chin, N. L., Yusof, Y. A. and Mahyudin, N., 2016, Quality changes of stabilizer-free natural peanutbutter during storage, *Journal of Food Science and Technology*, 53(1): 694–702.

Nepote, V., Olmedo, R.H., Mestrallet, M.G., and Grosso, N.R., 2009, A study of the relationships among consumer acceptance, oxidation chemical indicators, and sensory attributes in high-oleic and normal peanuts. *Journal of Food Science*, 74 (1), 1-8.

Pidatala, P. K., 2011, Oxidative stability of peanut butter bites, Honours (BSc) research project, Sastra University, Thanjavur, India.

Riveros, C. G., Mestrallet, M. G., Nepoteband, V., and Grossoa, N. R., 2009, Chemical composition and sensory analysis of peanut pastes elaborated with high-oleic and regular peanuts from Argentina, Grasas y Aceites, 60 (4), 388-395.

SAS Institute, 2002, SAS 9.1 User's Guide. Cary, North Carolina: SAS Institute Inc.

Schorno, A. L., Manthey, F.A., and Hall, C.A., 2009, Effect of particle size and sample size on lipid stability of milled flaxseed (Linum usitatissimum L.). *Journal of Food Processing and Preservation*, 34 (1), 167–169.

Shahidi, F., and John, J., 2013, Oxidative rancidity in nuts, In: Improving the Safety and Quality of Nuts, Woodhead Publishing, Cambridge, 198-229.

Shakerardekani, A., 2015, Factors affecting production, sensory properties and oxidative stability of nut butters and nut spreads-a review. *American Journal of Food Science and Nutrition Research*, 2 (3), 83-88.

Velasco, J., Dobarganes, C., and Marquenez-Ruiz, G., 2010, Oxidative rancidity in foods and food quality. In: *Chemical deterioration and physical instability of food and beverages*. Wood head Publishing, Cambridge, 3 – 32.

Williamson, S., 1998, Detection of rancidity in peanuts, Honours (BSc) research project, Edith Cowan university.

Woodroof, J. G., 1983, Peanut Butter. In: *Peanuts: production, processing, products*. The AVI Publishing Company, Westport, *Connecticut*, 181–225.

Zajdenwerg, C., Branco, G.F., Alamed, J., Decker, E.A., and Castro, I. A., 2011, Correlation between sensory and chemical markers in the evaluation of Brazil nut oxidative shelf- life . *European Food Research and Technology*, 233, 109-116.

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 17, No. 5, Dec- Jan 2021, p. 773-783

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۷، شماره ۵، آذر- دی ۱۴۰۰، ص.۷۸۳ -۷۷۳

Evaluation of temperature and storage time on oxidation of peanut butter

M. Ravaghi[1*], A. Khodabakhshian[2]

Received: 2019.10.14
Accepted: 2020.11.12

Introduction: Peanut is a high-protein, nutrient-rich legume that is popular all around the world. Peanut butter is a kind of food paste made from ground roasted peanuts. It is found to be one of the most susceptible food products to oxidation due to its high content of PUFAs. Peroxide value is the only mentioned parameter for oxidation of peanut butter according to ISIRI 5690. Although oxidation pathways are mostly known, there are a lot of ambiguities about oxidation in real situations after production and during storage so there is a lack of studies in this field.

Materials and Methods: The present study investigated the effect of packaging and storage conditions on the oxidation of peanut butter in polypropylene single serving cup (PP) and polyethylene terepthalate (PET) jar due to widespread applications of these plastic materials in food industries. Peanut butter stabilized with mono and di-glycerides was filled in PP single serving cup (size: 30 g), and PET jar (250 g), then heat sealing was applied. Determination of chemical composition (moisture, fat, protein, sugar, ash and salt), fatty acids profile and microbial quality (total count, coliform, *E. coli*, coagulase positive Staphylococci, Salmonella, mold and yeast) was performed for produced samples. The study was conducted for 160 days at storage temperature of 4, 25 and 40°C on peanut butter and storage stability at specific time intervals (0, 30, 60, 90, 120, 160 days) was evaluated for changes in *p*-Anisidine value, peroxide value, acidity and sensory analysis. All analyses were carried out in triplicate and significant differences were determined using Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

Results and Discussion: Peanut butter had a fat content of 54.55±0.85% which contained 80.92% unsaturated fatty acids (57.57% MUFAs and 23.35% PUFAs). PUFAs are susceptible to oxidation and are easily incorporated into the chain reaction mechanisms of lipid degradation. There was no sign of microbial contamination in produced peanut butter. Time and temperature had a significant interaction on peroxide value, *p*-Anisisdine value, acidity and sensory analyses in both of packaging materials. Different trends were observed in peroxide value data of peanut butter packaged in different plastics. Peroxide values were higher in PP compared with PET due to higher oxygen permeability through PP. PP cups stored at 40℃ had the highest amounts of peroxide value (52.55± 2.27 mEq/kg) and *p*-Anisisdine value (4.10± 0.22). Oxidation of peanut butter in PET jar occurred at lower rate. One notable point is that peroxide value at 40°C (4.61±1.04 mEq/kg) was less than 4°C (15.51±1.09 mEq/kg) and 25°C (14.19±0.78 mEq/kg) after 160 days. These values never reached the maximum standard limit (12 mEq/kg) at 40°C. Temperature of 4°C might not provide enough energy to convert hydroperoxides into other oxidation products so peroxides accumulated in peanut butter. Though significant differences were observed among data of acidity in both of packaging materials but differences were not large enough to be of value in a practical sense. As it was expected peanut butter did not provide its initial fresh taste especially at higher temperature but no sign of off-flavor and rancidity was detected by panelists. According to the obtained results,using polypropylene single serving cup for peanut butter led to decrease its shelf life due to its higher permeability to oxygen. In this situation samples should be kept under cold storage. To overcome this problem coated PP or other plastic materials with higher oxygen barrier properties are suggested. Peroxide value was the only indication of oxidation which was mentioned in ISIRI 5690, while it seems that determination of such a parameter in this product is not a proper index of quality.

Keywords: Oxidation, Temperature, Storage time, *p*-Anisidine value, Peroxide value, Peanut butter.

1. Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran.
2. Quality Control Manager, Esfahan, Iran
(*Corresponding Authors E-mail: ravaghi.maryam@gmail.com)